

которой (относительная плотность, пористость, размеры зерен) в значительной степени зависят от температур синтеза и спекания материалов.

В настоящей работе проведен сравнительный анализ выбранных методов синтеза (твердофазной реакции и метода Печини) с целью получения однофазных и высокоплотных образцов состава  $\text{BaCe}_{0.9}\text{M}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$  ( $\text{M}^{3+}$  - Y, Pr, Nd, Sm, Gd) при сравнительно низких температурах спекания (1423 и 1623 К соответственно).

Особенности процессов фазообразования при синтезе церата бария и его производных изучали ТГ-ДСК анализом с помощью синхронного термоанализатора STA 449 F5 Jupiter, NETZSCH, на воздухе в температурном интервале 297 – 1473 К. Контроль фазового состава синтезированных образцов осуществляли методом качественного рентгенофазового анализа (РФА) на дифрактометре Bruker D8 ADVANCE. Уточнение кристаллической структуры проводили методом Ритвельда с применением программного комплекса GSAS. Морфологию поверхности керамических образцов изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа (режим SEI) при увеличении  $\times 10000$ .

Анализ микроструктуры исследуемых образцов позволил выявить слабую связанность частиц и определить размер зерен (0.9 - 3.6 мкм) для соединений, полученных методом твердофазной реакции. При этом установлено, что материалы, полученные по технологии цитрат-нитратного синтеза (м. Печини), характеризуются высокой гомогенностью и имеют частицы меньшего размера ( $\sim 0.4$  мкм).

Для составов, полученных различными методами, определены относительная плотность и открытая пористость при 1423 и 1623 К соответственно. Показано, что после отжига при 1623 К относительная плотность всех керамических материалов увеличивается. Наибольшей относительной плотностью обладают образцы  $\text{BaCe}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ ,  $\text{BaCe}_{0.9}\text{Sm}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ , полученные методом Печини. При этом открытая пористость соединений, исключение составляет  $\text{BaCe}_{0.9}\text{Y}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$ , уменьшается.

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00269.

Список публикаций:

- [1] Medvedev D. A. et al. // *Progress in Materials Science*. 2014. V. 60. P. 72.
- [2] Лягаева Ю. Г. и др. // *Физика и техника полупроводников*. 2014. Т. 48. № 10. С. 1388.
- [3] Filonenko E. M., Lupitskaya Yu. A., Kalganov D. A. // *Materials Research Proceedings*. 2018. №. 9. P. 157.

## **Неразрушающие методы контроля материалов**

**Максимов Глеб Сергеевич**

**Наухацкий Игорь Анатольевич**

*Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского*

*Макимова Елена Михайловна, к. ф. -м.н.*

[neondreamer00@gmail.com](mailto:neondreamer00@gmail.com)

В связи с недопущением разрушения готовых изделий при, разного рода, исследованиях их качества, актуальны как методы, позволяющие сохранить целостность объекта, так и дополнительные критерии их структурного совершенства.

В работе методом рентгеновской дифрактометрии исследовалось совершенство кристаллической структуры эпитаксиальных пленок со структурой феррит-гранатов кристаллографической ориентации (111), выращенных на подложках со структурой галлий-гадолиниевого граната. Эти пленки широко применяются в технических устройствах.

Основной характеристикой структурного совершенства таких структур является различие в размерах кристаллических элементарных ячеек сопрягающихся материалов пленки и подложки –  $\Delta a$ :

$$\Delta a = \frac{\lambda}{2} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \left( \frac{1}{\sin \theta_{\text{пленки}}} - \frac{1}{\sin \theta_{\text{подложки}}} \right) \quad (1)$$

где  $\lambda$  – длина волны рентгеновского излучения,  $\theta$  – угол Брегга, (hkl) – индексы интерференции.

Практически величина  $\Delta a$  определяется методом рентгеноструктурного анализа по разности в положении дифракционных пиков (углов Брегга) от материалов пленки и подложки (рис.1).

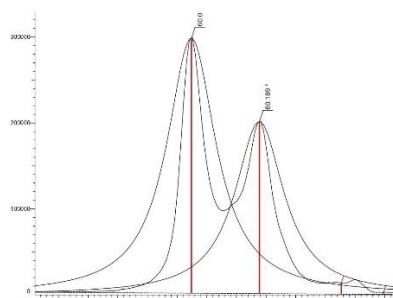


рис. 1. Дифракционные пики (444) от подложки и от пленки. Пики аппроксимированы функцией Лоренца.

В работе предложен дополнительный критерий оценки совершенства эпитаксиальных пленок – величина областей когерентного рассеяния  $D$ , определяющих дисперсность образца:

$$D = \frac{0.94\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2)$$

где  $\lambda$  – длина волны рентгеновского излучения;  $\beta$  – полуширина пика, обусловленная размерами областей когерентного рассеяния;  $\theta$  – угол Брегга.

Величина областей когерентного рассеяния в направлении, перпендикулярном плоскости с индексами (111) для пленки:  $D_{пл.} = 121,75$  нм, для подложки –  $D_{подл.} = 121,68$  нм. Близость этих величин свидетельствует о высоком качестве пленки, дисперсность которой совпадает с дисперсностью подложки.

Список публикаций:

[1] A.N. Shaposhnikov, A.R. Prokopov, A.V. Karavainikov, V.N. Berzhansky, T.A. Mikhailova, V.A. Kotov, D.E. Balabanov, I.V. Sharay, O.Y. Salyuk, M. Vasiliev, V.O. Golub *Materials Research Bulletin.*, 55., 19–25 (2014).

## Фотопроводимость в ta-C пленках синтезированных плазменным осаждением $\text{CH}_4$ и последующей термообработкой

**Местников Николай Иннокентьевич**

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова

Неустроев Ефим Петрович

[Nmest98@gmail.com](mailto:Nmest98@gmail.com)

Тонкие углеродные пленки привлекают к себе внимание как перспективные материалы для микро- и наноэлектроники, оптоэлектронных и сенсорных устройств.

В данной работе углеродные пленки толщиной до 100 нм синтезированы осаждением в плазме метана ( $\text{CH}_4$ ) углерода на поверхности различных подложек (Si,  $\text{SiO}_2$  и кварцевое стекло) и последующей термообработкой в атмосфере аргона при температурах от 6500 до 8000С [1]. Осаждение атомов углерода проводилось с помощью индуктивно-связанного источника плазмы мощностью 200 Вт при частоте 13,56 МГц. Длительность обработки составляла 6 и 9 минут.(табл.1)

Тип подложки	Мощность плазмы, Вт	Время обработки в плазме, с	Температура термообработки, оС	Время термообработки, мин
$\text{SiO}_2$	200	6	650, 700, 750, 800	15, 30 и 45
Si	200	6	650, 700, 750, 800	30 и 45
Кварцевая пластина	200	6 и 9	650	30

Исследования оптических свойств проведены в ИК-, видимом и УФ-диапазонах с помощью ИК-микроскопа «SPOTLIGHT 200» и спектрофотометра «Lambda 750S». Зависимости тока от освещенности проведены двухзондовым методом при различных напряжениях (от -13 до +13 В) и температурах (от 80 до 3000 К) образца (рис-1)